

## **Автоматизация проектирования технологических процессов листоштамповочного производства**

*Трапезников Ф. Ю., Куреннов Д.В.  
Уральский федеральный университет  
им.первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург*

Листоштамповочное производство – это производство, в котором в большей степени преобладают формоизменяющие операции, среди которых наиболее распространены вытяжка, гибка и формовка рифтов, теоретические основы которых складываются из наборов взаимосвязей, собранных статистическими методами, нежели чем в разделительных операциях, таких как вырубка, пробивка, надсечка, просечка и пр.

Большая часть успеха выполнения той или иной операции зависит от множества факторов, на которые невозможно повлиять, например от химического состава материала, его механических свойств, состава химического смазки и т.п, которые, в свою очередь, имеют диапазон изменения своих характеристик, что может значительно повлиять на физику процесса течения металла. Большое влияние на качество детали оказывают геометрические размеры и зависимости, заложенные в оснастку: зазоры, радиусы скруглений, конфигурация перетяжных ребер, углы упреждений и пр.

Почти все знания о процессах формоизменения металла построены на основе практических работ естествоиспытателей, «отцов» листовой штамповки, таких как В. П. Романовский и Л. И. Рудман. Даже в наше время можно найти данные, которые различаются в разных справочниках. В связи с этим опытные технологи на каждом производстве имеют свои уточненные данные по тем или иным процессам.

Для примера - коэффициент смещения нейтрального слоя при гибке «К-фактор» (k). В разных источниках значения данного коэффициента различны при одних и тех же отношениях радиусагиба к толщине материала R/S.

А. Воробьев в статье «К-фактор в расчете развертки» [1] провел сравнение данных, взятых из различных справочников: Рудмана [2], РТМ 34-65 [3], Романовского [4],

сопромата  $k = \frac{1}{\ln(1 + \frac{S}{R})} - \frac{R}{S}$ , Анурьева [5], DIN 6935, и данных, заложенных в САПР

КОМПАС и T-Flex, и построил графики на одних координатных осях. Полученные графики очень различаются между собой. Только лишь три из шести графиков оказались близки друг к другу: Рудман, РТМ и Романовский (рисунок 1). Данные результаты можно объяснить различиями в проведении опытов, в твердости исследуемого материала, в различиях химического состава и механических свойств между отечественными и зарубежными стандартами и способе гибки, которыми были проведены опыты и набрана статистика (свободная гибка или гибка с калибровкой упругой средой). Поэтому при работе с новыми или редко используемыми металлами (42Х2ГСНМА (ВКС-1)) необходимо иметь несколько заготовок на отладку процесса штамповки и уточнения формы заготовки.

Автор данной статьи тоже столкнулся с неточностями значений коэффициента  $k$  при определенных отношениях  $R/S$ , но при значениях допусков на гнутые или формованные детали по ОСТ 100022-80 [6], даже если их ужесточать технологически до классических  $\pm 1\text{мм}$ , вместо  $^{+3}_{-1}$  для размеров свыше 20мм, неточности значения коэффициента  $k$  становятся незначительными и ими пренебрегают.

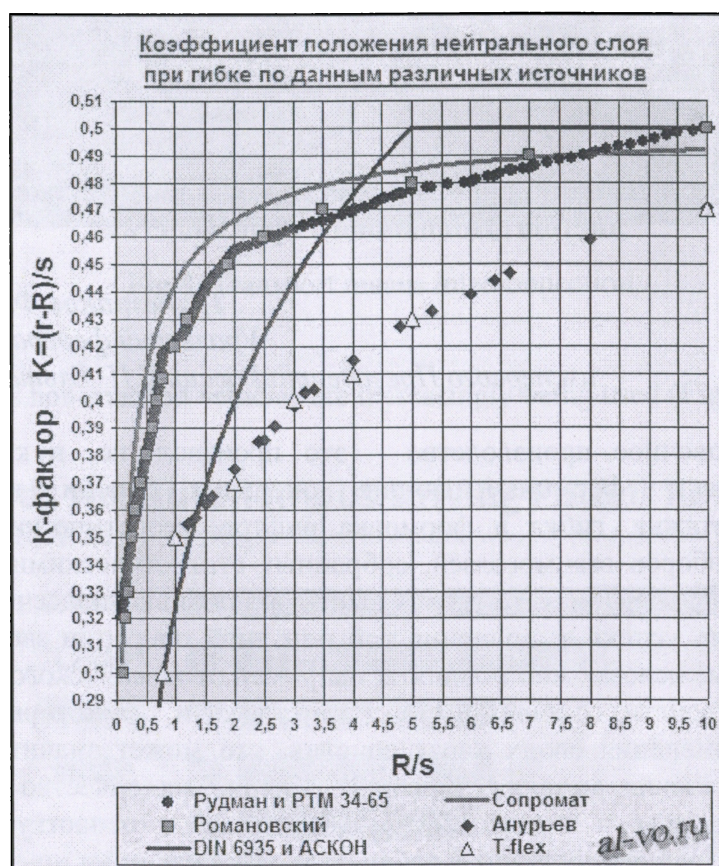


Рисунок 1 – Значения К-фактора в разных источниках.

К сожалению, многие экспериментальные данные, полученные опытными технологами в процессе передачи опыта новому поколению теряются, и молодым специалистам приходится изучать все заново, что может значительно повысить коэффициент брака и увеличить сроки выпуска качественных деталей.

Данная проблема особенно актуальна в эпоху масштабного перевооружения машиностроительных предприятий, импортозамещения и перехода на выпуск гражданской продукции или продукции двойного назначения, которая должна быть качественной, иметь хороший дизайн и внешний вид и отвечать всем требованиям потребителя. В свою очередь, процесс создания оснастки и технологий должен быть максимально простым и быстрым, конструкции штампов простыми и надежными.

В связи с эти требованиями возникает цель:

Создать систему для автоматизированного проектирования технологических процессов и оснастки для изготовления штампованных деталей с возможностью корректировки и внесения новых данных о деформации металла со слов экспертов и результатов отладки технологических процессов.

Задачи:

1. Подготовить перечень процессов, требующих автоматизации,
2. Подготовить перечень примеров для каждого процесса,
3. Найти закономерности между требуемым результатом и технологией изготовления.
4. Создать систему на основе полученных закономерностей.

Для решения поставленных задач хорошо подходят нейронные сети совместно с большими данными (Big Data).

Большие данные – это система хранения и обработки больших объемов данных. Позволяет обрабатывать не сортированные данные, находить зависимости в реальном времени по мере поступления информации в базу. Данные в систему можно загружать сразу с пресса, с тензодатчиков и монотронов во время процессов вытяжки с последующим сравнением с полученной, в процессе вытяжки, заготовкой, путем обмера ее трехмерным сканером, так же введение в систему данных, влияющих на процесс изготовления. Это позволит внести корректировки в конструкцию штампа и настройки пресса, такие как давления прижима и пуансона, и использовать полученный опыт в будущих разработках.

Нейронные сети - это достаточно сильный инструмент для полной автоматизации процессов проектирования технологических процессов и оснастки. При помощи нейронных сетей можно решить поставленные задачи путем внедрения системы в САПР и использования полученных закономерностей, выявленных при обработке большого количества готовых и отлаженных технологических процессов и конструкций штамповой оснастки, для проектирования технологий и инструмента для новых изделий.

### **Выводы**

В данной статье были рассмотрены некоторые задачи автоматизации проектирования технологических процессов листоштамповочного производства и предложены методы их решения при помощи нейронных сетей и больших данных – перспективных методов обработки информации.

### **Литература**

1. <http://al-vo.ru/mekhanika/k-faktor-v-raschete-razvertki.html>.
2. Справочник конструктора штампов: Листовая штамповка / Под общ. ред. Л. И. Рудмана.- М.: Машиностроение, 1988.- 496с. - ISBN 5-217-00249-2.
3. РТМ 34-65. Штампы листовой штамповки. Расчеты и конструирование.
4. В. П. Романовский Справочник по холодной штамповки (6 издание): Л.: Машиностроение, 1979.
5. В. И. Ануриев. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х т. Т. 1. – 9-е изд., перераб. и доп./ под ред. И.Н. Жестковой. – М.: Машиностроение, 2006. – 928 с.
6. ОСТ 100022-80. Предельные отклонения размеров от 0,1 до 10000 мм и допуски формы и расположения поверхностей, не указанные на чертеже.